

⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 199 55 508 C 1

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
F 02 B 37/10  
F 02 B 37/22

⑳ Aktenzeichen: 199 55 508.7-13  
㉑ Anmeldetag: 18. 11. 1999  
㉒ Offenlegungstag: -  
㉓ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 26. 4. 2001

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉔ Patentinhaber:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

㉕ Erfinder:  
Fledersbacher, Peter, Dipl.-Ing., 70619 Stuttgart, DE;  
Sumser, Siegfried, Dipl.-Ing., 70184 Stuttgart, DE;  
Willand, Jürgen, Dipl.-Ing., 70329 Stuttgart, DE;  
Wirbeleit, Friedrich, Dr.-Ing., 73733 Esslingen, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 42 13 047 A1  
JP 01-3 15 616 A  
JP 04-19 328 A

⑤④ Brennkraftmaschine mit einem Abgasturbolader und Verfahren hierzu

⑤⑤ Eine Brennkraftmaschine weist einen Abgasturbolader mit einer Abgasturbine und einem Verdichter auf. Weiterhin ist eine luftgetriebene Turbine vorgesehen, die mit dem Verdichter drehverbunden ist und der über ein einstellbares Sperrorgan Verbrennungsluft zuführbar ist. Für einen Betrieb des Abgasturboladers in einem weiten Einsatzspektrum ist ein Zusatzkanal zwischen Verdichtereinlass und dem Lufteinlass der Luftturbine vorgesehen, wobei die Luftzufuhr in den Zusatzkanal über das Sperrorgan einstellbar ist. Im niederen Lastbereich für den Fall, dass der Soll-Ladedruck einen Schwellenwert unterschreitet, wird der Zusatzkanal über das Sperrorgan geöffnet und die Luftzufuhr zum Verdichtereinlass reduziert.

DE 199 55 508 C 1

DE 199 55 508 C 1

Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine mit einem Abgasturbolader und ein Verfahren hierzu nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bzw. 14.

Aus der Druckschrift DE 42 13 047 A1 ist ein Abgasturbolader für eine Brennkraftmaschine bekannt, dessen Abgasturbine vom Abgasgegendruck angetrieben wird und über eine Verbindungswelle einen Verdichter zur Erzeugung erhöhten Ladedrucks antreibt. Um das transiente Verhalten des Abgasturboladers zu verbessern, kann zur Unterstützung des Hochfahrens des Laders auf höhere Umfangsgeschwindigkeiten über einen Zusatzkanal Druckluft aus einem Druckbehälter in den Verdichtereinlass eingespeist werden; zugleich wird eine Drossel stromauf des Verdichtereinlasses in Sperrstellung versetzt, um ein Entweichen der mit Überdruck eingespeisten Druckluft in die Atmosphäre über die Ansaugleitung zu verhindern.

Mit diesem Abgasturbolader ist es zwar möglich, die Laderdrehzahl bereits in Betriebspunkten niedriger Last, bei denen nur ein geringer Abgasgegendruck aufgebaut wird, durch die Einspeisung zusätzlicher Druckluft zu erhöhen, wodurch Verzögerungen im Druckaufbau, die auf einen trägeheitsbedingten verzögerten Anstieg der Laderdrehzahl zurückzuführen sind, reduziert werden können. Dieser Vorteil muss jedoch mit einem hohen baulichen Aufwand erkauft werden. Es muss insbesondere für einen ausreichend hohen Überdruck im Druckbehälter gesorgt werden, wofür ein zusätzlicher Verdichter einschließlich der für den Verdichter erforderlichen Antriebseinheit benötigt wird.

Zur Verbesserung des Ansprechverhaltens von Abgasturboladern ist bisher die Trägheit der Lader durch Verkleinerung und leichtere Bauweise, insbesondere durch Herabsetzung des Turbinenraddurchmessers, reduziert worden. Als Folge des geringeren Massenträgheitsmomentes des Laderrotors wird die Verzögerung im Druckaufbau des Ladedrucks herabgesetzt, dementsprechend kann in kürzerer Zeit ein höheres Motormoment aufgebaut werden. Die Reduzierung des Radvolumens des Laderrotors kann jedoch zu einer Verschlechterung des Wirkungsgrades des Abgasturboladers führen. Ein weiteres Problem verhältnismäßig klein gebauter Abgasturbolader liegt in den hohen Laderdrehzahlen und insbesondere in der großen Drehzahlspanne, welche vom Laderotor zwischen niederer Motorlast und Vollast zu überwinden ist.

Eine weitere Abgasturbolader-Einrichtung geht aus der gattungsgemäßen Druckschrift JP 1-315 616 A1 hervor. Dem in dieser Druckschrift beschriebenen Abgasturbolader ist eine zusätzliche, luftgetriebene Turbine zugeordnet, die auf der gleichen Antriebswelle wie die Abgasturbine und der Verdichter sitzt und Antriebsleistung an den Verdichter abzugeben in der Lage ist. Die luftgetriebene Turbine wird mit Druckluft aus einem Druckluftbehälter gespeist, die gespannte Luft am Turbinenauslass der Luftturbine wird mit der komprimierten Luft aus dem Verdichter zusammengeführt und im weiteren Verlauf in den Lufteinlass der Brennkraftmaschine eingeleitet.

Die druckluftbetriebene Turbine wird im niederen Lastbereich, während dem ein für den Antrieb der Abgasturbine ausreichender Abgasgegendruck noch nicht zu Verfügung steht bzw. gerade aufgebaut wird, zugeschaltet, so dass der Rotor des Abgasturboladers trotz einem geringen Abgasgegendruck auf höhere Umdrehungen beschleunigt werden kann. Mit dieser Vorrichtung ist es zwar möglich, über einen weiten Betriebsbereich der Brennkraftmaschine eine für einen Ladedruckaufbau ausreichende Rotordrehzahl des Abgasturboladers aufzubauen, es muss jedoch auch bei der Vorrichtung gemäß der JP 1-315 616 A1 ein zusätzlicher

Druckluftbehälter einschließlich der zugehörigen Antriebsaggregate vorgehalten werden.

Eine ähnliche Vorrichtung ist aus der Druckschrift JP 19328 A bekannt, die eine zusätzliche, den Verdichter antreibende Luftturbine aufweist, wobei zum Antrieb der Luftturbine ein zusätzlicher Kompressor vorgesehen ist, der Atmosphärenluft auf erhöhten Druck verdichtet, die anschließend der Luftturbine zugeführt wird. Auch bei dieser Vorrichtung sind zusätzliche bauliche Einrichtungen zur Erzeugung vorverdichteter Verbrennungsluft, über die die Luftturbine angetrieben wird, erforderlich.

Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, mit einfachen Mitteln den Wirkungsgrad eines Abgasturboladers zu verbessern.

Dieses Problem wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. 14 gelöst.

Die neuartige Brennkraftmaschine umfasst einen Abgasturbolader, der einen Zusatzkanal zwischen dem Verdichtereinlass und dem Lufteinlass der luftgetriebenen Turbine aufweist, wobei in Abhängigkeit des Betriebszustandes der Brennkraftmaschine über ein Sperrorgan die Luftzufuhr in den Zusatzkanal und auch in den Verdichtereinlass eingestellt werden kann. Diese Ausführung bietet den Vorteil, dass die Zufuhr von Verbrennungsluft sowohl zu dem Verdichter als auch zu der luftgetriebenen Turbine über einen gemeinsamen Ansaugkanal erfolgen kann. Die Zuleitung zum Verdichter und/oder zur Luftturbine erfolgt durch die Einstellung des Sperrorgans, welches insbesondere im Bereich der Abzweigung des Zusatzkanals vom Ansaugkanal angeordnet ist und eine Einstellung sowohl des Luftstromes durch den Ansaugkanal direkt in den Verdichtereinlass als auch durch den Zusatzkanal ermöglicht.

Im Unterschied zum Stand der Technik werden in dieser Ausführung keine zusätzlichen Druckbehälter und Druckluft erzeugenden Aggregate benötigt, wodurch die Bauweise erheblich vereinfacht wird.

Im niederen Lastbereich wird für den Fall, dass der in einer Regel- und Steuereinheit ermittelte Soll-Ladedruck einen Schwellenwert unterschreitet, das Sperrorgan in eine den Zusatzkanal öffnende und die Luftzufuhr zum Verdichtereinlass reduzierende, insbesondere absperrende Position verstellt. Dadurch wird erreicht, dass die Rotordrehzahl des Abgasturboladers bereits im niedrigen Lastbereich soweit angehoben wird, dass der Verdichter eine nennenswerte Verdichterleistung erzeugen kann bzw. innerhalb kurzer Zeit die Drehzahl soweit angehoben werden kann, dass der gewünschte Ladedruckaufbau zu realisieren ist. Die Laderdrehzahl wird auch in Betriebspunkten mit niedriger Last auf einem vergleichsweise hohen Niveau gehalten, wodurch das transiente Verhalten des Abgasturboladers deutlich verbessert wird; außerdem wird die Drehzahlspanne der Laderdrehzahl zwischen Betriebspunkten mit niedriger Last und Betriebspunkten mit hoher Last reduziert. Dadurch ist es möglich, Abgasturbolader größerer Bauart und entsprechend vergrößertem Massenträgheitsmoment einzusetzen, die konstruktive und thermodynamische Vorteile aufweisen und insbesondere sich durch einen verbesserten Wirkungsgrad auszeichnen, wodurch auch das Verbrauchs- und Emissionsverhalten der Brennkraftmaschine verbessert wird.

In einer bevorzugten Ausführung bilden die luftgetriebene Turbine und der Verdichter ein gemeinsames Bauteil, wobei der Zusatzkanal, welcher vom Ansaugkanal stromauf des Verdichtereinlasses abzweigt, in Höhe des Verdichterrades in den Verdichtereinlass einmündet. Durch diese konstruktive Ausführung ist es möglich, den Verdichter in bestimmten Betriebspunkten der Brennkraftmaschine – niedrige Last bzw. kleiner Soll-Ladedruck – ohne Umkehrung der Drehrichtung des Laderrotors als luftgetriebene Turbine

einzusetzen, indem durch die unterschiedliche Luftzufuhr zum Turbinenrad im Verdichter unterschiedliche Druckverhältnisse geschaffen werden, die entweder eine Verwendung als Verdichter oder eine Verwendung als Turbine ermöglichen. In den Bereichen niedriger Last ist es möglich, einen Druckabfall über den Verdichter zu realisieren, in dem am Verdichtereinlass ein höherer Druck ansteht als am Verdichterauslass. Auf Grund dieses Druckgefälles wird über den Verdichter bzw. die Luftturbine eine Drosselung erzielt, welche in Bereichen kleiner Last zur Erzeugung eines erforderlichen Saug-Unterdruckes ausreicht. Dadurch ist es möglich, auf eine Drosselklappe im Ansaugrohr der Brennkraftmaschine zur Einstellung des Saugrohrdruckes gegebenenfalls zu verzichten.

Zweckmäßig ist im Verdichter im Bereich der Mündung des Zusatzkanals in den Verdichtereinlass eine Drosseleinrichtung eingebracht, die die Ausbildung eines Druckgefälles zwischen Mündung des Zusatzkanals in den Verdichtereinlass und Verdichterauslass unterstützt, so dass ein Betrieb des Verdichters als luftgetriebene Turbine ermöglicht wird. Die Drosseleinrichtung ist in bevorzugter Ausführung ein variabel einstellbares Leitgitter, welches verstellbar im Mündungsbereich zwischen Zusatzkanal und Turbinen- bzw. Verdichtereinlass ausgebildet ist. Dies entspricht einer Ausführung einer Turbine mit variabler Turbinengeometrie. Im Betriebsbereich unterhalb des Schwellenwertes des Soll-Ladedruckes kann der Mündungsquerschnitt zur Einstellung des gewünschten Soll-Ladedruckes im Ansaugtrakt der Brennkraftmaschine durch Veränderung der Leitgitterposition eingestellt werden.

Dem Leitgitter sind vorteilhaft verstellbare Leitschaukeln zugeordnet, wobei gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführung ein verstellbares Absperrerelement im Mündungsbereich vorgesehen ist, insbesondere eine axial verschiebbare Matrize mit Ausnehmungen zur Aufnahme des Leitgitters, mit dem eine vollständige Absperrung des Mündungsquerschnitts möglich ist. In der Ausführung als Absperrerelement mit Ausnehmungen für die Aufnahme des Leitgitters ist im Hinblick auf die Einstellung des Mündungsquerschnitts ein zusätzlicher Freiheitsgrad gegeben, wobei in axial verschiebbarer Ausführung des Absperrerelements der Eintrittsort des Zusatzkanals in den Verdichtereinlass axial in Bezug auf das Verdichterrad eingestellt werden kann, wodurch insbesondere für den Fall, dass der Verdichter zugleich die Luftturbine ist, die Zuströmung der Ansaugluft auf den Rotor und somit das Turbinenverhalten des Verdichters beeinflusst werden kann.

Alternativ oder zusätzlich zu der Ausführung, dass Verdichter und Luftturbine ein gemeinsames Bauteil bilden, kann es auch angezeigt sein, die Luftturbine als eigenständiges Bauteil unabhängig vom Verdichter auszuführen. Dies hat den Vorteil, dass auf weitgehend konventionelle Turbinentypen zurückgegriffen werden kann, die lediglich in Drehrichtung mit dem Verdichterrad gekoppelt werden.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausbildung wird die der Luftturbine zuzuführende Ansaugluft zunächst in einem Wärmetauscher vorgewärmt, wodurch das Druckniveau stromauf des Turbinenrades erhöht und das Druckgefälle über das Rad der Luftturbine gesteigert wird.

Weitere Vorteile und zweckmäßige Ausführungsformen sind den weiteren Ansprüchen, der Figurenbeschreibung und den Zeichnungen zu entnehmen. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer aufgeladenen Brennkraftmaschine mit einer in den Verdichter integrierten Luftturbine,

Fig. 2 einen Schnitt durch einen Verdichter mit integrierter Luftturbine in vergrößerter Darstellung,

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer aufgeladenen

Brennkraftmaschine mit einer separat ausgebildeten Luftturbine an der Rückseite des Verdichters,

Fig. 4 eine Fig. 3 entsprechende Ausführung, jedoch mit der Luftturbine auf der Rückseite der Abgasturbine.

Bei den in den Fig. 1 bis 4 dargestellten Ausführungsbeispielen sind gleiche Bauteile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Die in Fig. 1 dargestellte Brennkraftmaschine 1, die sowohl eine Diesel-Brennkraftmaschine als auch ein Ottomotor sein kann, umfasst einen Abgasturbolader 2 mit einer Abgasturbine 3 im Abgasstrang 4 der Brennkraftmaschine und einem Verdichter 5 im Ansaugtrakt 6 der Brennkraftmaschine 1. Im Betrieb der Brennkraftmaschine wird die Abgasturbine 3 von den aufgestauten Abgasen im stromauf der Abgasturbine 3 gelegenen Leitungsabschnitt des Abgasstranges 4 angetrieben; die Bewegung des Laufrades der Abgasturbine 3 wird über eine Welle 7 auf das Verdichterrad des Verdichters 5 übertragen, woraufhin im Ansaugtrakt 6 stromab des Verdichters 5 ein unter Überdruck stehender Ladedruck aufgebaut wird, der der Brennkraftmaschine zuführbar ist. Um die Leistungsabgabe des Abgasturboladers in der befeuerten Betriebsweise präzise einstellen zu können und darüber hinaus den Abgasturbolader auch im Motorbremsbetrieb einsetzen zu können ist die Abgasturbine 3 mit einer variabel einstellbaren Turbinengeometrie 8, die insbesondere als verstellbares Leitgitter ausgebildet ist, ausgestattet. Weiterhin sind ein Ladeluftkühler 9 im Ansaugtrakt 6 stromab des Verdichters 5 sowie eine Abgasrückführung 10 zwischen dem stromauf der Abgasturbine 3 gelegenen Leitungsabschnitt des Abgasstranges 4 und dem stromab des Verdichters 5 gelegenen Leitungsabschnitt des Ansaugtraktes 6 vorgesehen, wobei die Abgasrückführung 10 zusätzlich einen Wärmetauscher zur Kühlung des rückgeführten Abgases enthält.

Um das transiente Verhalten des Abgasturboladers 2 zu verbessern weist der Abgasturbolader 2 verdichterseitig zusätzliche Komponenten sowie eine spezielle Ausgestaltung des Verdichters 5 auf, wodurch in einem bestimmten Betriebsbereich der Brennkraftmaschine 1 ein Turbinenbetrieb des Verdichters 5 realisiert werden kann. Hierfür ist ein stromauf des Verdichters 5 vom Ansaugtrakt 6 abzweigender Zusatzkanal 11 vorgesehen, der unmittelbar in den Verdichtereinlass im Bereich des Verdichterrades in den Verdichter 5 mündet. Im Zusatzkanal 11 ist optional ein Wärmetauscher 12 angeordnet, der als Gleich- oder Gegenstromwärmetauscher ausgebildet ist und zweckmäßig Wärmeenergie des Abgases aus dem Leitungsabschnitt stromab der Abgasturbine 3 auf die durch den Zusatzkanal 11 zuzuführende Frischluft überträgt. Weiterhin ist im Ansaugtrakt 6 stromauf des Verdichters 5 ein Sperrorgan 13 angeordnet, über das der angesaugte Frischluftstrom anteilig auf den Zusatzkanal 11 und den Leitungsabschnitt 15 zwischen Sperrorgan 13 und Verdichter 5 verteilt werden kann. Das Sperrorgan 13 kann auch in der Weise eingestellt werden, dass der Zusatzkanal 11 vollständig abgesperrt ist und der gesamte Frischluftstrom durch den Leitungsabschnitt 15 geleitet wird oder dass der Leitungsabschnitt 15 gesperrt ist und der gesamte Frischluftstrom durch den Zusatzkanal 11 geleitet wird.

Im Mündungsbereich des Zusatzkanals 11 in den Verdichter 5 ist eine einstellbare Drosseleinrichtung 14 vorgesehen, die einen Druckaufbau im Zusatzkanal 11 stromauf der Drosseleinrichtung zur Folge hat, indem der Mündungsquerschnitt des Zusatzkanals 11 in den Verdichtereinlass reduziert wird. Die Höhe des Druckaufbaues kann durch veränderliche Einstellung der Drosseleinrichtung 14 variiert werden.

Weiterhin ist eine Regel- und Steuereinheit 16 vorgese-

hen, welche in Abhängigkeit von den Betriebszustand der Brennkraftmaschine repräsentierenden Signalen Stellsignale für die Einstellung der variablen Stelleinrichtungen 8, 13, 14 erzeugt.

In der beteuerten Antriebsbetriebsweise kann der Verdichter 5 durch eine entsprechende Einstellung des Sperrorgans 13 sowie der Drosseleinrichtung 14 als Luftturbine verwendet werden, wobei die Luftturbine als Drossel im Ansaugtrakt 6 wirkt, so dass gegebenenfalls auf eine separat ausgebildete Drosselklappe im Ansaugtrakt der Brennkraftmaschine verzichtet werden kann. Die Entscheidung, ob die Baueinheit 5 als Verdichter oder als Luftturbine eingesetzt wird, wird in Abhängigkeit des aktuellen Betriebszustandes der Brennkraftmaschine 1 gefällt.

Sofern in der Regel- und Steuereinheit 16 ein Soll-Ladedruck festgestellt wird, der unterhalb eines vorgegebenen bzw. ermittelbaren Schwellenwertes liegt, wird in der Regel- und Steuereinheit 16 ein das Sperrorgan 13 im stromauf des Verdichters 5 gelegenen Leitungsabschnitt 15 des Ansaugtraktes 6 beaufschlagendes Stellsignal erzeugt, das eine Reduzierung, gegebenenfalls Sperrung des Leitungsabschnittes 15 und gleichzeitig eine Öffnung des Zusatzkanals 11 zur Folge hat, so dass die angesaugte Verbrennungsluft durch den Zusatzkanal 11 unter Umgehung der Haupt-Einströmöffnung des Verdichters 5 diesem zugeführt wird. Die über den Zusatzkanal 11 zugeführte Verbrennungsluft wird im Mündungsbereich des Zusatzkanals 11 in den Verdichtereinlass an der Drosseleinrichtung 14 gestaut, wobei die Stellung der Drosseleinrichtung 14 von der Regel- und Steuereinheit 16 in Abhängigkeit des aktuellen Betriebszustandes der Brennkraftmaschine festgelegt wird. Die in dieser Betriebsart als Turbine eingesetzte Baueinheit 5 wirkt als Drossel, wobei ein Druckabfall zwischen Eingangsseite und Ausgangsseite des Verdichters 5 realisiert wird, so dass insbesondere im niederen Lastbereich im stromab des Verdichters 5 gelegenen Leitungsabschnitt des Ansaugtraktes 6 ein Unterdruck eingestellt werden kann. Darüber hinaus wird der Druckabfall zur Erzeugung von Bewegungsenergie des als Turbine eingesetzten Bauteils 5 genutzt, so dass bereits im niederen Lastbereich der Laderotor auf eine verhältnismäßig hohe Drehzahl gebracht werden kann.

Sofern der in der Regel- und Steuereinheit 16 festgestellte Soll-Ladedruck oberhalb des Schwellenwertes liegt, wird das Sperrorgan 13 in eine den Zusatzkanal 11 sperrende und den Leitungsabschnitt 15 stromauf des Verdichters 5 freigebende Position versetzt, so dass die angesaugte Verbrennungsluft über die Haupt-Einströmöffnung dem Verdichter 5 zugeführt wird und der Verdichter 5 eine Kompression auf einen erhöhten Ladedruck bewirkt.

Es kann gegebenenfalls zweckmäßig sein, in einem sich unmittelbar an den Schwellenwert anschließenden Druckbereich oberhalb des Schwellenwertes einen Misch- bzw. Übergangszustand zuzulassen, bei dem ein Teilluftstrom sowohl durch den Zusatzkanal 11 als auch durch den Leitungsabschnitt 15 geführt wird. Der Mischbetrieb kann in einem Soll-Druckabschnitt zwischen dem Schwellenwert und einem darüber liegenden Grenzwert aufrecht erhalten werden.

Der Einsatz des Verdichters als Turbine im unteren Lastbereich ist insbesondere in der befeuerten Antriebsweise vorgesehen. Darüber hinaus kann es aber auch zweckmäßig sein, einen entsprechenden Einsatz im Motorbremsbetrieb vorzusehen.

Der Schnittdarstellung des Verdichters 5 gemäß Fig. 2 ist zu entnehmen, dass im Leitungsabschnitt 15 des Ansaugtraktes 6 unmittelbar vor dem Verdichtereinlass 18 das als Drosselklappe ausgebildete Sperrorgan 13 angeordnet ist, welches um eine Querachse senkrecht zur Verdichterlängsachse 27 zu verschwenken ist. In einer Öffnungsstellung des

Sperrorgans 13 strömt die angesaugte Verbrennungsluft in Pfeilrichtung 25 - der Haupt-Einströmrichtung - in den Verdichtereinlass 18 und trifft auf das Verdichterrad 19, welches in der regulären Betriebsweise des Verdichters 5 von der Turbine des Abgasturboladers angetrieben wird. Die in den Verdichtereinlass eintretende Verbrennungsluft erfährt durch die Rotation des Verdichterrades 19 eine Komprimierung und verlässt den Verdichter 5 über den Diffusor 20 und den Spiralkanal und wird im weiteren Verlauf nach der Kühlung im Ladeluftkühler dem Saugrohr der Brennkraftmaschine zugeleitet.

Um auch einen Turbinenbetrieb zu ermöglichen ist radial außerhalb des Verdichtereinlasses 18 im Verdichtergehäuse ein Zusatzkanal 11 vorgesehen, durch den in Sperrstellung des Sperrorgans 13 in Strömungsrichtung 26 Frischluft dem Verdichter zugeführt wird. Der Zusatzkanal 11 mündet über eine Mündungsöffnung 17 im Bereich des Verdichterrades 19 in den Verdichtereinlass 18, wobei auf Grund einer winkligen Zuführung als Folge eines gebogenen Endabschnittes des Zusatzkanals 11 die Strömungsrichtung der in den Verdichtereinlass über die Mündungsöffnung 17 einströmenden Luft mit der Längsachse 27 des Verdichters einen Winkel einschließt. Auf Grund des Winkeleinschlusses sowie der axialen Position der Mündungsöffnung 17 im Bereich des Verdichterrades 19 wirkt der Verdichter 5 bei einer Zufuhr von Frischluft in Pfeilrichtung 26 durch den Zusatzkanal 11 als Turbine, hierbei bleibt die Drehrichtung des Turbinenrades 19 erhalten. Die über den Zusatzkanal 11 zuzuführende Luft wird auch im Turbinenbetrieb in gleicher Weise über den Diffusor und den Spiralkanal abgeleitet wie im Verdichterbetrieb.

Zur Unterstützung der Turbinenwirkung ist im Mündungsbereich 17 eine Drall- und Drosseleinrichtung 14 vorgesehen, die insbesondere als Leitgitter mit verstellbaren Leitschaufeln ausgebildet ist. Die Drosseleinrichtung 14 kann von einem nicht gezeigten Stellelement beaufschlagt werden, um den Querschnitt der Mündungsöffnung 17 zu vergrößern oder zu verkleinern bzw. um der einströmenden Luft beim Übertritt der Mündungsöffnung 17 einen Drall aufzugeben, welcher die Wirkungsweise als Turbine unterstützt. Weiterhin ist ein axial in Pfeilrichtung 24 verschiebbares Absperrerelement 21 vorgesehen, welches sich axial an das Leitgitter 14 anschließt und mit Aufnahmen 23 zur Aufnahme des Leitgitters 14 ausgestattet ist. Eine Stirnseite des Absperrerelementes 21 bildet eine Seitenwand der Mündungsöffnung 17. Das Absperrerelement 21, das über eine Lagerung 22 geführt ist, kann axial soweit verschoben werden, dass die Mündungsöffnung 17 vollkommen verschlossen ist. Diese Position wird insbesondere in der Verdichterbetriebsweise eingestellt, um Fehlluftströme vom Verdichtereinlass zurück in den Zusatzkanal 11 zu vermeiden. Außerdem kann über die Position des Absperrerelementes 21 die axiale Anströmung des Verdichterrades 19 beeinflusst werden.

In der Ausführung nach Fig. 3 weist der Abgasturbolader 2 eine Abgasturbine 3 mit variabler Turbinengeometrie 8 sowie einen konventionellen Verdichter 5 auf, der im Ansaugtrakt 6 angeordnet ist, wobei im Leitungsabschnitt 15 stromauf des Verdichters 5 ein Sperrorgan 13 vorgesehen ist. Stromauf des Sperrorgans 13 zweigt der Zusatzkanal 11 vom Ansaugtrakt 6 ab, wobei das Sperrorgan 13 bei einem Soll-Ladedruck unterhalb eines Schwellenwertes in der Weise einzustellen ist, dass die zuzuführende Verbrennungsluft durch den Zusatzkanal 11 geleitet wird. Auf der rückwärtigen Seite des Verdichters 5 sitzt eine drehfest mit dem Verdichter 5 verbundene Luftturbine 28 auf der Welle 7 des Abgasturboladers 2 auf. In dieser Ausführung ist die Luftturbine 28 ein eigenständiges, separat vom Verdichter 5 ausgebildetes Bauteil. Der Lufteinlass der Luftturbine 28 kom-

muniziert mit dem Zusatzkanal 11, der Luftauslass der Luftturbine 28 ist über eine Verbindungsleitung 29 mit dem Ansaugtrakt 6 verbunden, wobei die Verbindungsleitung 29 insbesondere stromab des Ladeluftkühlers 9 in den Ansaugtrakt 6 mündet.

Bei einem Soll-Ladedruck unterhalb des gegebenen Schwellenwertes wird die Verbrennungsluft durch den Zusatzkanal 11 durch die Luftturbine 28 geleitet, wodurch ein Druckabfall in dem Leitungsabschnitt des Ansaugtraktes 6 stromab der Luftturbine 28 entsteht. Die Leistung der Luftturbine 28 wird hierbei auf Grund der drehfesten Verbindung an den Verdichter 5 übertragen. Über die Drosseleinrichtung 14 der Luftturbine 28 kann der Druckabfall gesteuert werden.

Oberhalb des Schwellenwertes wird das Sperrorgan 13 in der Weise eingestellt, das der Zusatzkanal 11 abgesperrt ist, so dass die Luftturbine 28 keine Leistung abgeben kann. Zugleich wird der Leitungsabschnitt 15 zum Verdichter 5 geöffnet, der nunmehr von der Abgasturbine 3 angetrieben wird und die angesaugte Verbrennungsluft auf einen erhöhten Ladedruck komprimiert.

Die Ausführung gemäß Fig. 4 ähnelt derjenigen nach Fig. 3, jedoch mit dem Unterschied, dass die Luftturbine 28 auf der Rückseite der Abgasturbine 3 angeordnet und drehfest mit der Abgasturbine 3 verbunden ist. Im Zusatzkanal 11 kann zur Vorwärmung der angesaugten Frischluft ein Wärmetauscher 12 vorgesehen sein, über den Restwärme aus den Abgasen stromab der Abgasturbine 3 auf die zuzuführende Frischluft übertragen werden kann.

#### Patentansprüche

1. Brennkraftmaschine mit einem Abgasturbolader, die eine Abgasturbine (3) und einen Verdichter (5) zur Erzeugung komprimierter Ladeluft umfasst, mit einer zusätzlichen, luftgetriebenen Turbine (28), die mit dem Verdichter (5) drehverbunden ist und der über ein einstellbares Sperrorgan (13) Verbrennungsluft zuführbar ist, wobei der Turbinenauslass über einen Verbindungskanal mit dem Ansaugtrakt (6) stromab des Verdichters (5) verbunden ist, und mit einer Regel- und Steuereinheit (16) zur Erzeugung von das Sperrorgan (13) einstellenden Stellsignalen, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein stromauf des Verdichters (5) vom Ansaugtrakt (6) abzweigender Zusatzkanal (11) zum Lufteinlass der luftgetriebenen Turbine vorgesehen ist und dass über das Sperrorgan (13) die Luftzufuhr in den Zusatzkanal (11) und in den Verdichtereinlass (18) einstellbar ist, dass im niederen Lastbereich für den Fall, dass der Soll-Ladedruck einen Schwellenwert unterschreitet, in der Regel- und Steuereinheit (16) ein Stellsignal erzeugbar ist, über das das Sperrorgan (13) in eine den Zusatzkanal (11) öffnende und die Luftzufuhr zum Verdichtereinlass (18) reduzierende Position verstellbar ist.
2. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, durch gekennzeichnet, dass die luftgetriebene Turbine und der Verdichter (5) als einteiliges Bauteil mit einem gemeinsamen Gehäuse ausgebildet sind und dass der Zusatzkanal (11) in Höhe des Verdichterrades (19) in den Verdichtereinlass (18) mündet.
3. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Einströmrichtung im Bereich einer Mündungsöffnung (17) zwischen Zusatzkanal (11) und Verdichter- bzw. Turbineneinlass (18) mit der Haupt-Strömungsrichtung durch den Verdichter- bzw. Turbineneinlass (18) einen Winkel einschließt.

4. Brennkraftmaschine nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich der Mündungsöffnung (17) zwischen Zusatzkanal (11) und Verdichter- bzw. Turbineneinlass (18) eine Drosseleinrichtung (14) eingebracht ist.

5. Brennkraftmaschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Drosseleinrichtung (14) ein den Querschnitt der Mündungsöffnung (17) variabel einstellendes Leitgitter ist.

6. Brennkraftmaschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Leitgitter verstellbare Leitschaukeln aufweist.

7. Brennkraftmaschine nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich zum Leitgitter ein einstellbares Absperrerelement (21) im Zusatzkanal (11) vorgesehen ist.

8. Brennkraftmaschine nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Absperrerelement (21) eine axial verschiebbare Matrice ist, die Ausnehmungen für die Aufnahme des Leitgitters aufweist.

9. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die luftgetriebene Turbine ein eigenständiges, vom Verdichter (5) unabhängiges Bauteil ist.

10. Brennkraftmaschine nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die luftgetriebene Turbine unmittelbar an den Verdichter (5) angrenzt.

11. Brennkraftmaschine nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die luftgetriebene Turbine unmittelbar an die Abgasturbine (3) angrenzt.

12. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Zusatzkanal (11) zur luftgetriebenen Turbine durch einen Wärmetauscher (12) zur Vorwärmung der zuzuführenden Luft geführt ist.

13. Brennkraftmaschine nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeenergie des Wärmetauschers (12) von den Abgasen stromab der Abgasturbine (3) herrührt.

14. Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine mit einem Abgasturbolader, mit einer Abgasturbine (3) und einem Verdichter zur Erzeugung komprimierter Ladeluft, mit einer zusätzlichen, luftgetriebenen Turbine (28), die mit dem Verdichter (5) drehverbunden ist und der über ein einstellbares Sperrorgan (13) Verbrennungsluft zuführbar ist, wobei der Turbinenauslass mit einem mit dem Verdichterauslass kommunizierenden Kanalabschnitt verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass im niederen Lastbereich für den Fall, dass der Soll-Ladedruck einen Schwellenwert unterschreitet, zumindest ein Teilstrom der Verbrennungsluft, die vom Ansaugtrakt stromauf des Verdichters herangeführt wird, über die luftgetriebene Turbine geführt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass unterhalb des Schwellenwerts für den Soll-Ladedruck die Luftzufuhr zum Verdichtereinlass (18) abgesperrt wird.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

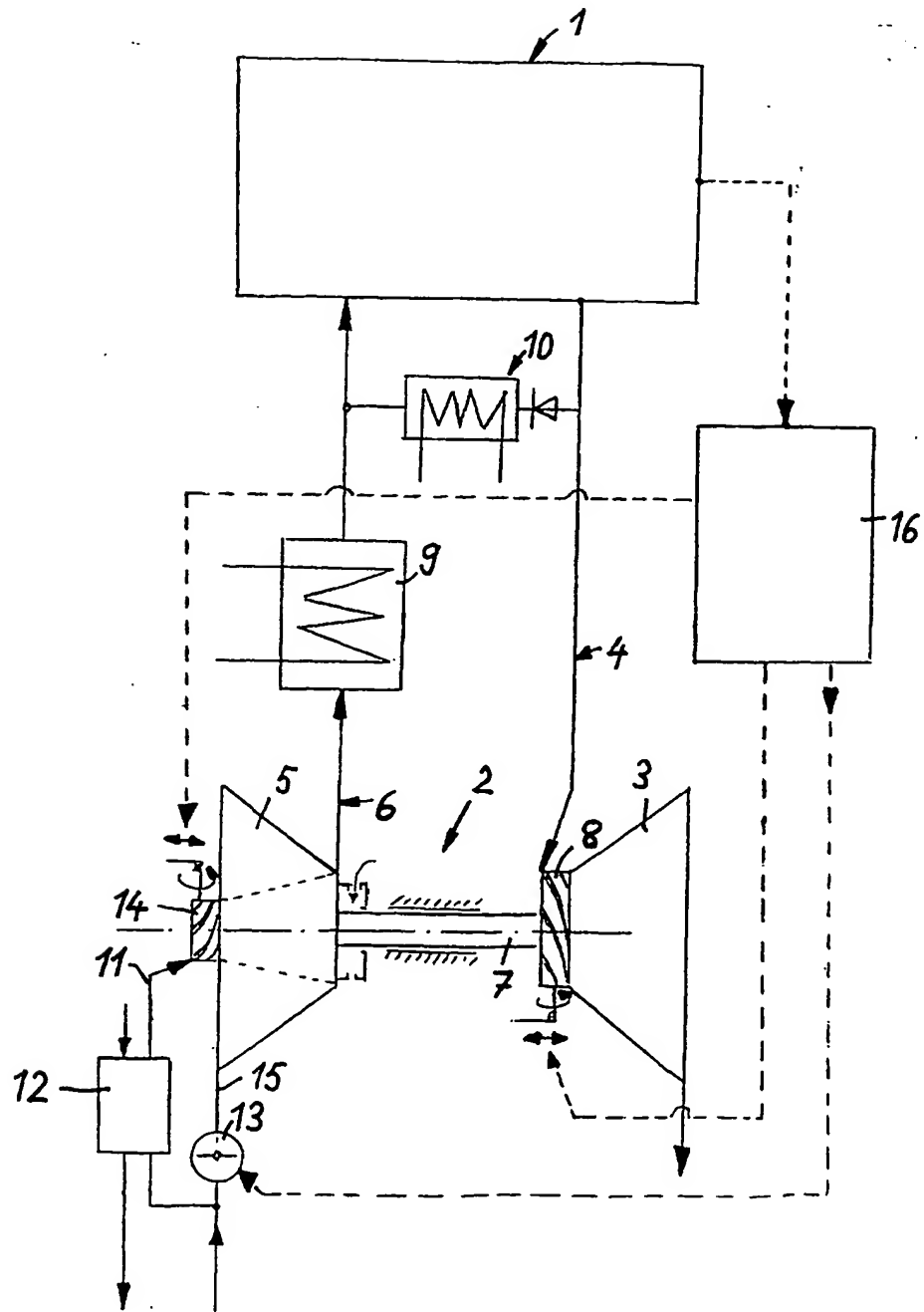
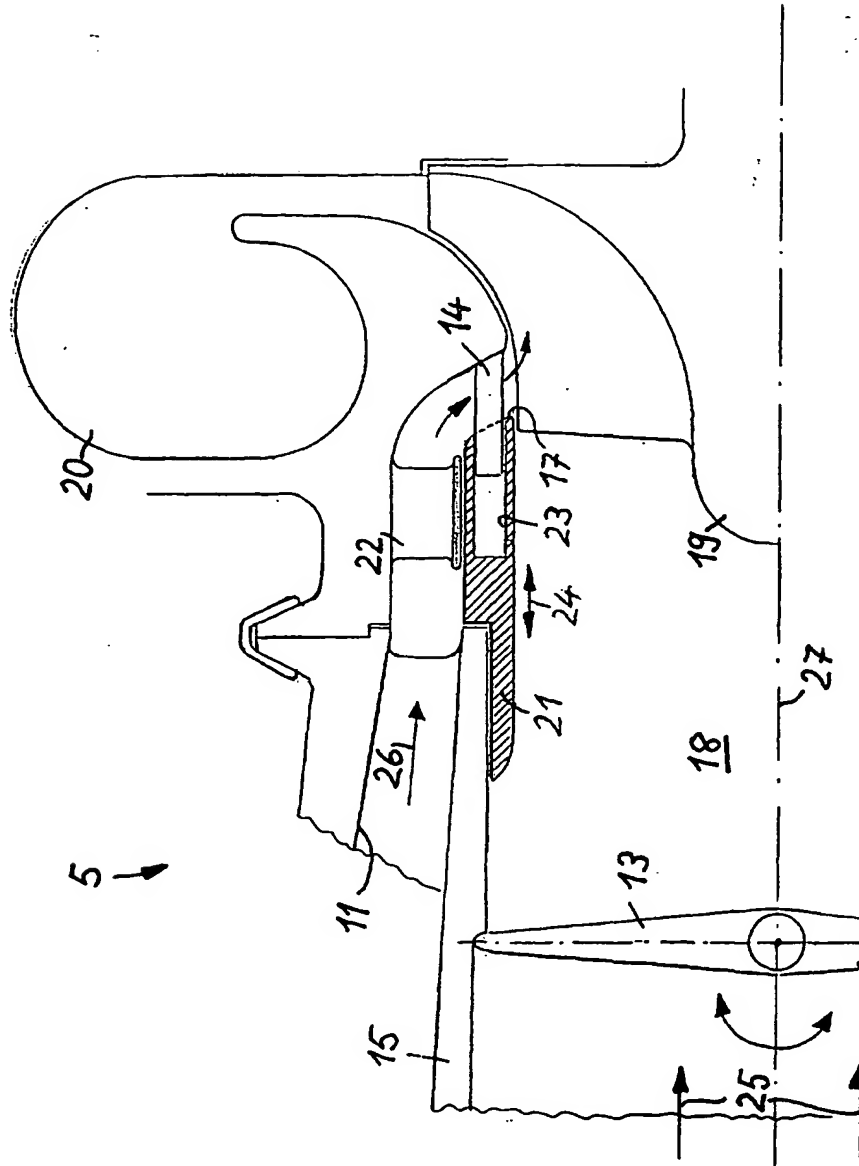


Fig. 1



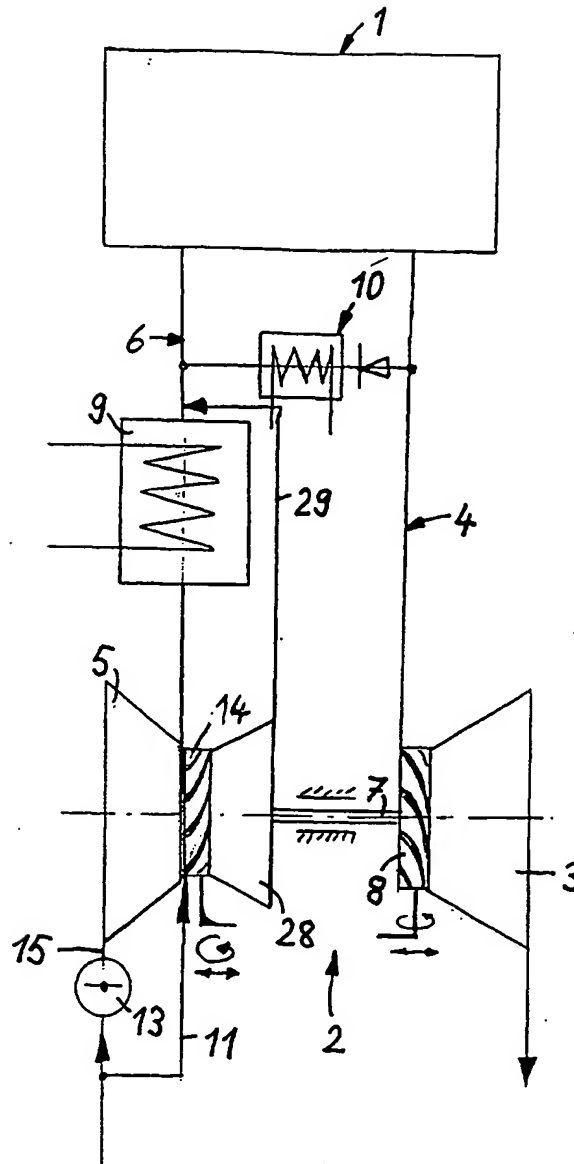


Fig. 3



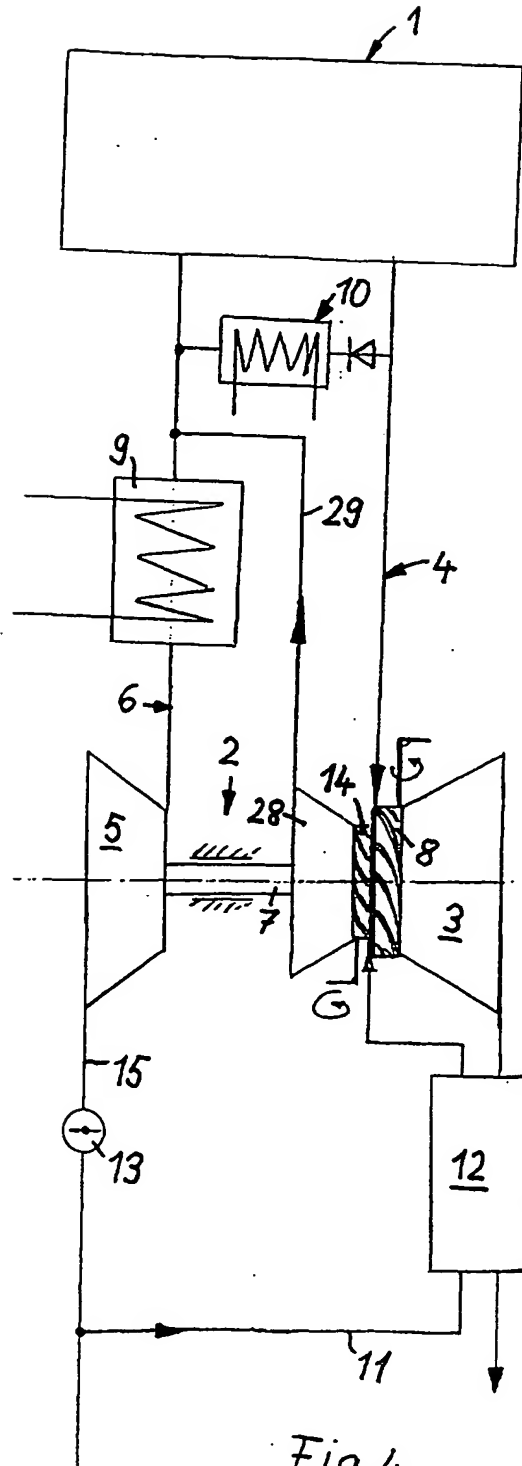


Fig. 4